Испытание активной стали статора

Слоним Нисим Моисеевич "Испытания асинхронных двигателей при ремонте" 1980 г.
Рубо Леонид Григорьевич "Пересчет и ремонт асинхронных двигателей мощностью до 100 квт." 1961 г.
Сердешнов Анатолий Петрович "Ремонт электрооборудования. Ремонт электрических машин, ч 1" 2008 г.

Rev. 01   08 Apr 2021

Целью испытания активной стали является проверка отсутствия замыкания между листами и вызванных этими замыканиями местных перегревов. Испытание также дает возможность оценить потери в стали, и таким образом, определить исправность всего сердечника в собранном виде. Испытание производят индукционным методом при вынутом роторе по схеме, приведенной на рис. 1, при магнитной индукции в спинке статора B = 1 *Тл* (Тесла), создаваемой намагничивающей обмоткой, накладываемой на сердечник статора. Для контроля индукции в спинке и э. д. с. намагничивающей обмотки на сердечник накладывают также контрольную обмотку. При испытании частота переменного тока составляет 50 *гц* и расчет приведен для этой частоты.

Разрушение межлистовой изоляции магнитопровода замыкает накоротко листы электротехнической стали и нарушает прессовку пакета. Ликвидируется восстановлением изоляции листов. В этом случае выпрессованый сердечник расшихтовывается, листы зачищаются (щетками и пр.). На каждый из них кистью (валиком, распылением и т. п) наносится слой лака, просушивается, и магнитопровод собирается вновь. Стоимость такого ремонта очень высока и должна быть экономически обоснованной.

Целесообразность применимости такой проверки более важна для двигателей неоднократно бывших в ремонте, старых серий ранее длительно эксплуатируемых, сильно выгоревших от чрезмерного нагрева, имеющих повреждения набора статора. Обычно достаточно проверки только на нагрев с использованием только одной намагничивающей обмотки, без сборки схемы с контрольной обмоткой, без вычисления потерь в стали. Современные средства, такие как тепловизор, позволяют обходится без непосредственного измерения температуры частей статора. Пример изображения полученного тепловизором приведен в конце текста.

Намагничивающая и контрольная обмотки выполняются проводом ПР, ПРГ, РКГМ или аналогичным. Допускается также применение обмоточного провода, дополнительно изолированного пропитанной в лаке хлопчатобумажной лентой. При отсутствии провода необходимого сечения намагничивающая обмотка может быть выполнена из нескольких параллельных проводов. Применение экранированного кабеля недопустимо. Во избежание повреждений изоляции провода обмотку следует накладывать на прокладки из дерева или электрокартона, уложенные поверх корпуса статора. На время испытания корпус статора следует надежно заземлить проводом сечением не менее 50 *мм*^{2}.

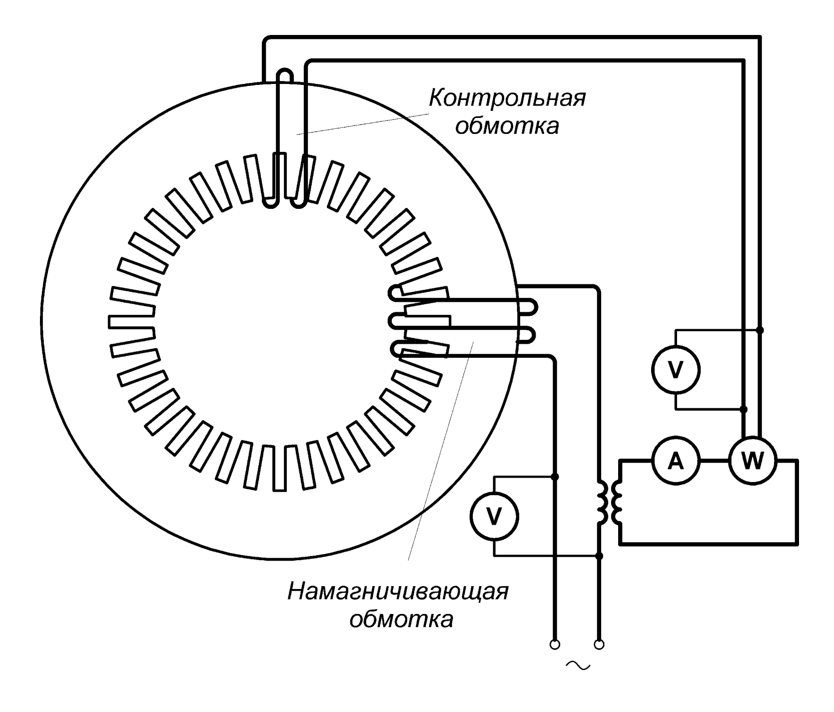


Рис. 1. Схема испытания активной стали.

Число витков намагничивающей обмотки определяется по формуле:

$$w_1 = \frac{45 \times U_1}{Q}$$

где: U_1 – напряжение подключаемое при испытании к концам намагничивающей обмотки, *в*; Q – поперечное сечение спинки статора, *см.*:

$$Q = (L - n \times b_S) \times h_{\text{СП}} \times k_{\text{СТ}}$$

L – длина сердечника*;* n – число вентиляционных каналов; b_S – ширина вентиляционных каналов; $k_{\text{СТ}}$ – коэффициент заполнения сталью, таблица представлена ниже; $h_{\text{СТ}}$ – высота спинки, *см*. Величина $h_{\text{СП}}$, *см*. определяется по формуле:

$$h_{\text{СП}} = \frac{D\text{внеш} - D\text{внутр}}{2} - h\text{зуб}$$

Размеры Dвнеш, Dвнутр, b_S и hзуб показаны на рис. 2.
Если через спинку статора проходят стяжные болты, высота спинки статора (рис. 3) определяется по формуле:

$$h_{\text{СП}} = \frac{D\text{внеш} - D\text{внутр}}{2} - h\text{зуб} - d\text{отв}$$

Таблица. Коэффициент заполнения сталью.

вид изоляции	коэффициент заполнения стали при толщине стали, *мм*.	
	0,5	0,35
бумага	0,90	0,87
лак	0,93	0,91
без изоляции или оксидная	0,95	0,93

Если число витков окажется дробным, надо принять ближайшее целое число. При выборе источника питания для намагничивающей обмотки следует учитывать, что более высокое напряжение позволяет применить обмотки с большим числом витков и, следовательно, более близким к расчетному значению.

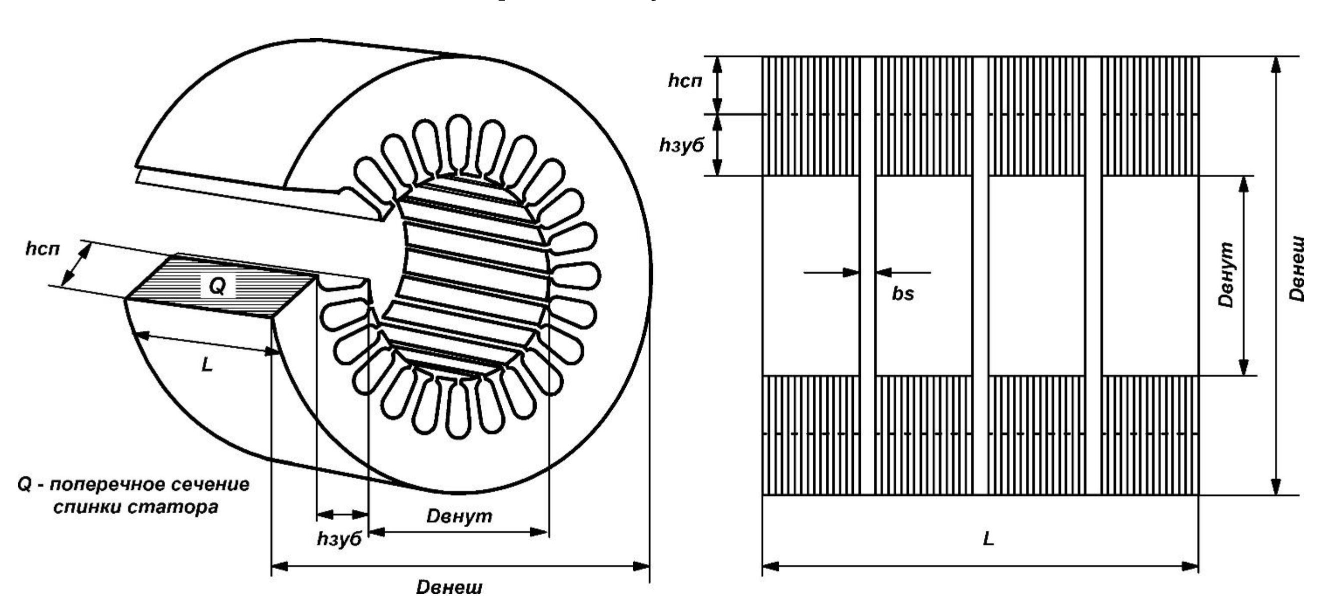


Рис. 2. Размеры активной стали.

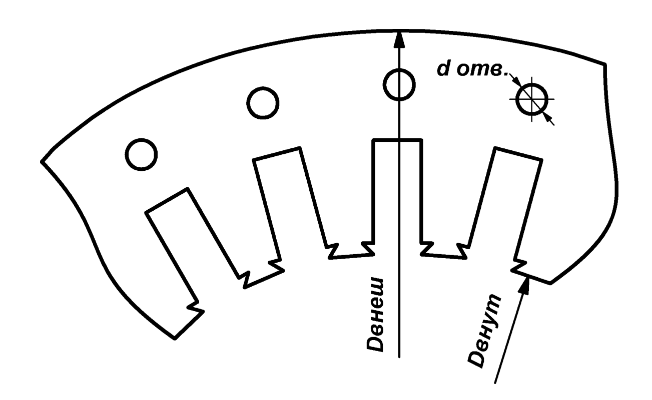


Рис. 3. Отверстия стяжных болтов в наборе статора.

Ток, потребляемый намагничивающей обмоткой для создания индукции 1 *Тл*, не может быть заранее подсчитан с желательной точностью, так как зависит от марки и качества стали и от конструкции сердечника, в частности от наличия стыков в разъемах статора и между сегментами пакета.

Несмотря на вызываемую этими обстоятельствами неизбежную неточность, значение тока в намагничивающей обмотке следует заранее вычислить хотя бы приближенно, так как это необходимо для выбора сечения провода обмотки и измерительных приборов (пределов измерения амперметра и ваттметра).

Для приближенного вычисления тока, *А*, в намагничивающей обмотке служит формула:

$$I = \frac{0{,}033 \times (D\text{внеш} - h_{\text{СП}}) \times F}{w_1}$$

где: $h_{\text{СП}}$ – высота спинки, *см*; F – удельная м. д. с., *А/м*, равная 200 – 250 для повышеннолегированной и высоколегированной сталей и 450 – 500 для слаболегированной и среднелегированной сталей (легирование – содержание кремния). В обоих случаях большее значение относится к статорам с числом сегментов более четырех и разъемным статорам (статоры больших размеров, при их диаметре превышающим размер ширины стального листа электротехнической стали, набираются из отдельных сегментов). Допускаемый ток нагрузки для намагничивающей обмотки в зависимости от сечения провода приведен ниже:

Сечение провода, *мм*^{2}	6	10	16	25	35	50
Ток нагрузки, *А*	30	45	60	85	105	130

Мощность, необходимая для питания намагничивающей обмотки, *кВА*:

$$P = \frac{I \times U_1}{1000}$$

Число витков контрольной обмотки:

$$w_2 = w_1 \times \frac{U_2}{U_1}$$

где: U_2 – напряжение на зажимах контрольной обмотки, которое выбирается из условия удобного отсчета показаний по шкале установленного вольтметра.

Намагничивающая обмотка присоединяется к источнику питания через отдельные предохранители и двухполюсный рубильник, которые должны быть выбраны исходя из значений тока, потребляемого намагничивающей обмоткой.

При проведении испытания предварительно следует произвести пробное включение намагничивающей обмотки и проверить напряжение на зажимах контрольной обмотки, которое не должно значительно отличаться от расчетного значения.

Следует иметь в виду, что напряжение на зажимах контрольной обмотки U_2 пропорционально магнитной индукции в стали и, если это напряжение отличается от расчетного, магнитная индукция не будет равна 1 *Тл*. Значение магнитной индукции при испытании может быть определено по формуле:

$$B = k \times U_2 \quad \text{где} \quad k = \frac{45}{Q \times w_2}$$

Через 10 *мин*. после начала испытания напряжение следует снять, проверить на ощупь нагрев стали по всей расточке статора и, выбрав наиболее холодный зубец, заложить в него термопары или термометры, затем включить напряжение и через 10 *мин*. вновь отключить, на ощупь определить зубцы, имеющие повышенный нагрев, и также установить в них термопары или термометры. Остальные термометры или термопары устанавливают равномерно по расточке и длине активной стали. При этом на участках активной стали, подвергавшихся ранее ремонту, закладка термометров или термопар обязательна. После закладки термопар или термометров включают напряжение и в течение 90 *мин*. ведут прогрев стали статора. В процессе прогрева через каждые 10 *мин*. температуру записывают.

Испытание стали следует немедленно прекратить, отключив намагничивающую обмотку, если во время испытания температура какой–либо точки активной стали статора достигнет 100°С, а также при появлении дыма и искр из какого–либо участка стали статора или намагничивающей обмотки.

Состояние активной стали статора считается нормальным, если через 90 *мин*. после начала испытаний максимальный перегрев стали относительно температуры окружающего воздуха не превысит 45°С и если максимальная разность температур между отдельными зубцами по истечении 90 *мин*. после начала испытаний не превысит 25°С, и если удельные потери не превосходят 2,5 *Вт/кг* для повышеннолегированной и высоколегированной сталей и 5,5 *Вт/кг* для слаболегированной и среднелегированной сталей. В случаях нарушения указанных норм сердечник подвергается ремонту или выбраковывается.

Подсчет удельных потерь в стали, *Вт/кг*, производится по формуле:

$$P_O = \frac{40 \times k_{\text{ТР}} \times \frac{w_1}{w_2} \times P_{\text{В}}}{Q_{C1} \times (D_{\text{Н}} - h_{C1})}$$

где: P_B – показание ваттметра, *Вт*, без учета $k_{\text{ТР}}$; $k_{\text{ТР}}$ – коэффициент трансформации трансформатора тока.

Полученные величины тока *I* (*А*) и потерь *Р* (*Вт*) сравниваются с допустимыми (справочники, ГОСТ на электрические машины). Завышенная величина тока *I* обычно связана с недокладкой листов стали в магнитопроводе, мощности *Р* – с нарушением изоляции между ними.

Когда индукция *В* в спинке не равна 1 *Тл* (U_2 не равно расчетному), действительное значение удельных потерь должно быть пересчитано по формуле:

$$P_1 = P_O \times \left(\frac{U_{2P}}{U_2}\right)^2$$

где: *Ро* – удельные потери при испытании; $U_{2\text{Р}}$ и U_2 – расчетное и действительное напряжения контрольной обмотки.

Место испытания огораживают, около него устанавливают предостерегающие плакаты. В процессе испытания прикасаться к статору нельзя. Все наблюдения следует вести, не прикасаясь к приборам.

Изображение тепловизора демонстрирующее разность нагрева частей статора и выявленный дефект. Цвета изображения соответствуют определенной температуре.

